

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

⑨日本国特許庁(JP)

⑩特許出願公開

⑫公開特許公報 (A)

昭54—55371

⑪Int. Cl.<sup>2</sup>

H 01 L 21/265

H 01 L 21/324

識別記号 ⑬日本分類

99(5) B 1

99(5) J 42

庁内整理番号

6684—5F

6684—5F

⑭公開 昭和54年(1979)5月2日

発明の数 1

審査請求 未請求

(全 4 頁)

⑮少数キャリア拡散長の制御方法

⑯特 願 昭52—122644

⑰出 願 昭52(1977)10月12日

⑱発 明 者 高木俊公

大阪市阿倍野区長池町22番22号

シャープ株式会社内

同 井上忠昭

大阪市阿倍野区長池町22番22号

シャープ株式会社内

⑲発 明 者 富田孝司

大阪市阿倍野区長池町22番22号

シャープ株式会社内

⑳出 願 人 シャープ株式会社

大阪市阿倍野区長池町22番22号

㉑代 理 人 弁理士 福士愛彦

明 細 書

1. 発明の名称

少数キャリア拡散長の制御方法

2. 特許請求の範囲

1. 半導体基板中に軽元素イオンをイオン注入することにより、前記半導体基板中にキャリア再結合中心を導入し、アニール処理を介して所定深さに所定密度のキャリア再結合中心を残存させることにより少数キャリアの拡散長を規制することを特徴とする少数キャリア拡散長の制御方法。

2. イオン注入条件を複数設定して多段イオン注入することにより、キャリア再結合中心密度を連続的に変化せしめた特許請求の範囲第1項記載の少数キャリア拡散長の制御方法。

3. 発明の詳細な説明

本発明は半導体基板中にプロトン、ヘリウム等の軽元素から成るイオンを注入することにより、所望の深さにキャリアの再結合中心を導入し、少数キャリアの拡散長を短縮する少数キャリア拡散

長の制御方法に関するものである。

イオン注入法は所望の深さに所望の濃度の不純物を導入し得る有用な方法として一部半導体工業分野では従来の熱拡散法に置き代わるまでに実用化されている。しかし、この方法はイオン化した不純物原子を高電界中で加速して強制的に半導体基板中に打込むことによる必然的結果として、入射エネルギーを失って静止するまでの過程で基板構成原子と衝突してこれらを結晶格子位置よりはじき出し、多量の空格子を誘起する。アニールの過程でこれらの空格子は互いに結びついたり、基板構成原子、或いは不純原子と結合して空格子対、空格子-基板原子対、空格子-不純物原子対、等の複合欠陥を形成する。これらの欠陥は禁制帯内に種々のエネルギー単位をつくり、キャリアのトラップ単位、或いは再結合中心となることが予想される。本発明はイオン照射損傷によつて発生した再結合中心を積極的に利用して、少数キャリア拡散長を短縮する方法を提供するものである。

この再結合中心の空間的分布は欠陥分布、換言

すれば、原子核衝突過程で放出されるエネルギーの分布と第一近似的に同じ形をとると考えられる。イオン注入時の欠陥密度分布の形状はイオン種、入射エネルギー、ならびに基板構成原子と密度により異なるが、一般に軽原子イオンが注入された場合には第1図に例示した如く、欠陥分布は基板表面より内部に入るにつれて徐々に増加し、一次入射イオンの投影飛程(RP)よりわずかに浅い部分(RD)で最大値をとった後、急激に減少する。従つて、イオン注入直後の再結合中心の密度分布は第1図の欠陥密度分布に相似する。これに伴つて少数キャリア拡散長の深さ方向分布は表面より内部に入るにつれて減少し、RD位置で最短値をとった後、増加して最終的にはイオン未注入時の値となる。次にアニールを行った場合について述べる。アニールによつて欠陥は消滅していくが、その過程は第1図の欠陥密度の小さな部分より徐々に進行し、RD位置でその過程を終える。従つて、適当なアニール条件の設定により、RD位置にのみ再結合中心を残して、そこでの少数キャリ

ア拡散長のみを短縮することができる。

更に、多段イオン注入法を採用して、入射エネルギーと注入量を制御することにより、RD位置と、そこでの再結合中心密度を連続的に変化せしめ、所望の深さ方向少数キャリア拡散長分布を得ることができる。以下、実施例に従つて本発明を詳細に説明する。

第2図はN型GaAs<sub>0.62</sub>P<sub>0.38</sub>基板に200 KeVのH<sup>+</sup>イオンを注入し、その後種々のアニールを施して得られた基板のRD近傍で測定された正孔拡散長を示したものである。基板はTeドープGaAs<sub>0.62</sub>P<sub>0.38</sub>(100)気相エピタキシャルウェハーであり、電気濃度は $1.9 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 、移動度は $4150 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}$ であつた。この基板に200 KeVのH<sup>+</sup>イオンを $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ 注入する。この場合のRDは約1.5  $\mu$ でその位置での空格子密度は約 $1.2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ と推定される。次に該基板をN<sub>2</sub>気流中で200~500℃、約5分間のアニールを行う。当然予想される如く、アニール温度の上昇に伴つて欠陥の消滅、即ち、再結合中心の減少が進行し、

少数キャリアである正孔の拡散長は増加していく。第2図はその様子を示したもので、H<sup>+</sup>注入直後は0.61  $\mu$ であつた拡散長が200℃、300℃、500℃と温度上昇につれて、それぞれ0.89  $\mu$ 、0.99  $\mu$ 、1.09  $\mu$ と増加し、更に高温のアニールで未注入時の値2.20  $\mu$ に近づくものと思われる。以上は200 KeVのH<sup>+</sup>を $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ 注入した場合の結果である。適当な入射エネルギー、注入量、ならびにアニール条件を選択することにより、所望の深さで所望の値にまで少数キャリア拡散長を短縮できることは云うまでもない。

次に、多段イオン注入法による少数キャリア拡散長分布制御法について、実施例に基づき以下に詳説する。本実施例は視感度特性フォトダイオードの製造に際し成されたもので、以下、工程を追つて説明する。SiドープN<sup>+</sup>型GaAs上に50  $\mu$ のTeドープN型GaAs<sub>0.62</sub>P<sub>0.38</sub>( $n=1.9 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ )を気相エピタキシャル成長させた基板に通常のZn選択拡散法、又は50 KeV、Zn<sup>+</sup>イオンを $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ 注入して、プレーナ型P-N接合フ

ォトダイオードを形成する。これにより、0.1  $\mu$ 以下のP-N接合深さが実現するがこのダイオードの分光感度特性は第3図で規格化して示した曲線(a)の如く、長波長側に大きな感度を有し、所期の目的とする人間の比視感度特性(曲線(b))とは大きく異なつていた。P-N接合が極めて浅いにも拘わらず長波長感度が優勢に現われる原因として(1)、化合物半導体に特有な大きな表面再結合によつて短波長感度が伸びない、(2)低濃度N型基板の採用により、空乏層がN層側に大きく広がる、(3)N側での正孔拡散長が大きい(2.2  $\mu$ )、等が挙げられる。そこで比視感度に近づける方法として不要な長波長感度をカットすることが考えられるが、その為には原理上明かな如く、N側での正孔の拡散長を短縮することが有効となる。ここで本発明を適用する。即ち、次に曲線(a)の分光感度特性を有するプレーナ型ダイオード基板に高エネルギーH<sup>+</sup>イオンを多段注入する。H<sup>+</sup>イオンの注入条件としては長波長光感度(1例として6400 Å光に着目)を有効にカットする目的で各

R<sub>D</sub> 位置での H<sup>+</sup> 注入量が、その深さでの 6400 Å 光でのキャリア生成率に比例するように設定した。即ち、180 KeV で  $4.3 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ 、200 KeV で  $3.2 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ 、240 KeV で  $2.5 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$  と三段注入する。然る後、各 R<sub>D</sub> 位置近傍にのみ再結合中心を残す目的で N<sub>2</sub> 気流中で 5 分間のアニールを行う。これによつて深さ約 1.3 μ で最も正孔拡散長が短く、それより深部に行くに従つて徐々に正孔拡散長が長くなるような拡散長分布が得られる為、長波長光によつて N 側深部で発生した正孔は拡散によつて空間電荷によるドリフト領域（表面より約 1.2 μ）に入るまでにはほとんど再結合し、外部出力としては取り出されなく、かくして得られたフォトダイオードの規格化分光感度を第 3 図に曲線(c)として示してある。第 3 図より明かな如く、短波長光での規格化感度を H<sup>+</sup> 未注入時の特性にはば保ち、およそ 5300 Å 以上の長波長感度を有効に減少せしめることができたため、従来の特性(a)よりはるかに比視感度に近づけることができた。ちなみに曲線(d)は 200 KeV の H<sup>+</sup> イオンを  $1 \times$

特開昭54-55371(3)  
 $10^{13} \text{ cm}^{-2}$  一段注入して得たフォトダイオードの特性を示しており、比視感度との合致度（特に長波長側）において、拡散長分布の制御を行つた本実施例の素子（曲線(c)）が優れていることは図より明かである。

以上は通常の P-N 接合型フォトダイオードに対する応用例であるが、本発明が少数キャリアによる拡散電流成分を制御（短縮）し得るという原理より、上記以外にアバランシェフォトダイオード、或いは、トランジスタ等の応答速度の改善等広く半導体デバイスに適用されることは云うまでもない。又、実施例は GaAs<sub>0.62</sub>P<sub>0.38</sub> について述べたが、Si, Ge, GaAs, GaP 等あらゆる半導体材料に対し同様の効果が期待できる。

#### 4. 図面の簡単な説明

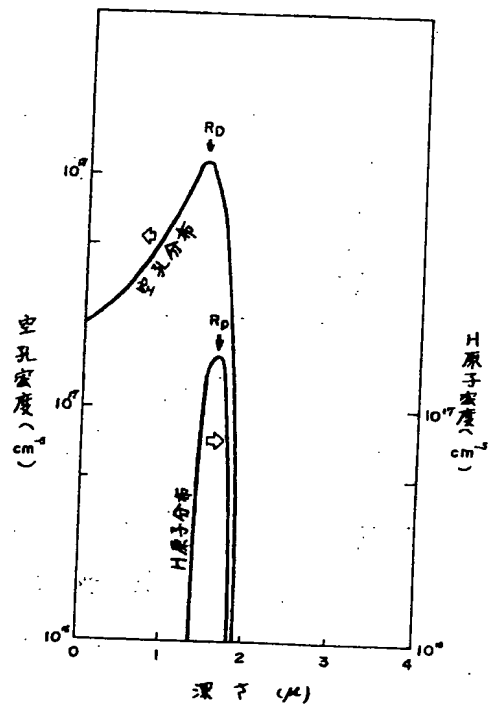
第 1 図は GaAs<sub>0.62</sub>P<sub>0.38</sub> に 200 KeV のプロトンを  $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$  注入した場合の空孔密度分布、ならびに H 原子の密度分布を示す。同図で R<sub>P</sub> と R<sub>D</sub> はそれぞれ H 原子密度と空孔密度が最大になる位置を示す。

第 2 図はプロトン注入 N-GaAs<sub>0.62</sub>P<sub>0.38</sub> に於ける正孔拡散長のアニール温度依存性を示す。

第 3 図は種々の方法で作製した GaAs<sub>0.62</sub>P<sub>0.38</sub> フォトダイオードの等エネルギー光入射時の規格化分光感度特性を示す。曲線はそれぞれ以下の内容を示す。(a) Zn<sup>+</sup> 選択拡散法、又は、Zn<sup>+</sup> イオン注入法によつて形成した通常の GaAs<sub>0.62</sub>P<sub>0.38</sub> フォトダイオードの分光感度特性、(b) 比視感度特性、(c) 三段プロトン注入法により正孔拡散長分布を制御した GaAs<sub>0.62</sub>P<sub>0.38</sub> フォトダイオードの分光感度特性、(d) 一段のみのプロトン注入を行つて得られた GaAs<sub>0.62</sub>P<sub>0.38</sub> フォトダイオードの分光感度特性。

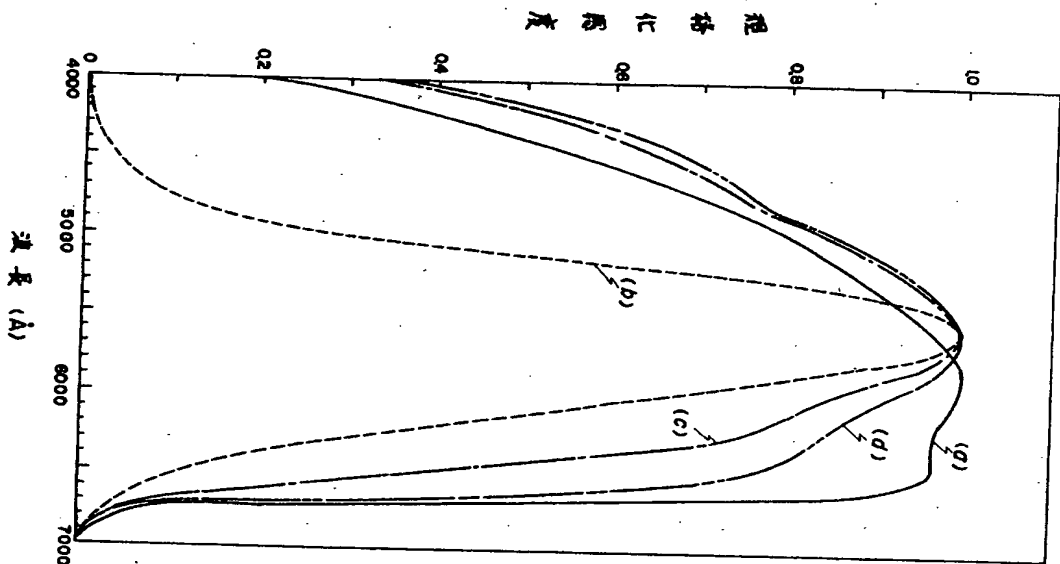
以 上

代理人 弁理士 福 士 愛 彦



第 1 図

★3 図



★2 図

